



Corrida em piscina funda: limites e possibilidades para o alto desempenho

Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga¹ e Luiz Fernando Martins Kruehl²

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar os limites e possibilidades da utilização da corrida em piscina funda no treinamento de corredores de rendimento. Além disso, são discutidas as respostas agudas submáximas, máximas e crônicas, do ponto de vista fisiológico e biomecânico entre a corrida em terra e em piscina funda. As respostas máximas de frequência cardíaca e consumo de oxigênio são menores no exercício aquático do que na corrida terrestre. Dados experimentais sugerem o uso do treinamento de corrida em piscina funda para corredores de rendimento; contudo, essas evidências são limitadas para treinamentos de até 10 semanas.

ABSTRACT

Deep water running: limits and possibilities for high performance

The purpose of this study was to analyze the limits and possibilities of deep water running on training of performance runners. Besides, it has been discussed the submaximal acute, maximal acute and chronic responses, following physiological and biomechanical aspects between running on land and deep water running. Heart rate and oxygen uptake's maximal responses are lower in aquatic exercise than in running on land. Experimental evidences suggest the deep water running training for performance athletes, but these studies are limited in training program until ten weeks.

RESUMEN

Velocidad en piscina de profundidad: límites y posibilidades para un alto desempeño

El objetivo de este estudio ha sido el de analizar los límites y posibilidades de la utilización de carreras de velocidad en piscina de profundidad durante el entrenamiento de velocista de rendimiento. Además de esto, son discutidas las respuestas agudas submáximas, máximas y crónicas, bajo el punto de vista fisiológico y biomecánico entre la carrera en tierra y en piscina profunda. Las respuestas máximas de frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno son menores en el ejercicio acuático que en la de tierra. Datos experimentales sugieren el uso de entrenamiento de carrera en piscina profunda para velocistas de rendimiento, sin embargo estas evidencias son limitadas a entrenamientos de hasta 10 semanas.

1. Professor de Graduação da Faculdade da Serra Gaúcha e Faculdade Cenecista de Osório. Pesquisador do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Esef/UFRGS.

2. Professor de Graduação e Pós-Graduação da Esef/UFRGS. Coordenador do GPAA/UFRGS.

Recebido em 31/3/05. Versão final recebida em 3/1/06. Aceito em 22/2/06.

Endereço para correspondência: Campus Olímpico, Rua Felizardo, 750, Jd. Botânico - 90690-200 - Porto Alegre, RS. E-mail: leonardo.tartaruga@ufrgs.br ou kruehl@esef.ufrgs.br

Palavras-chave: Exercício aquático. Respostas fisiológicas. Treinamento esportivo. Corredores de rendimento.

Keywords: Water exercise. Physiological responses. Sport training. Competitive runners.

Palabras-clave: Ejercicio acuático. Respuestas fisiológicas. Entrenamiento deportivo. Runners de rendimiento.

INTRODUÇÃO

O exercício no meio líquido é utilizado há muitos anos como forma de reabilitação em corredores⁽¹⁻⁵⁾. A principal característica da corrida em piscina funda (CPF) é sua natureza de baixo impacto. Essa particularidade tem feito com que esse tipo de exercício seja utilizado inclusive como forma de *cross-training* para atletas de corrida de longa distância⁽⁶⁻⁹⁾.

A CPF consiste de uma corrida simulada, em uma piscina em que não seja possível tocar no fundo, mantendo a cabeça sobre a água com o auxílio de um dispositivo flutuador (vestimenta ou cinturão). A forma de movimento na CPF deve ser a mais semelhante possível à técnica da corrida terrestre, apesar de estar claro que existem modificações nos padrões cinemáticos entre os dois exercícios^(10,11). O atleta pode permanecer em um lugar, neste caso sendo ligado a uma corda presa à borda da piscina, executando o movimento sem modificar o local da atividade ou pode correr livre, geralmente usando o comprimento maior. A corda pode servir para aumentar a resistência, auxiliar na postura mantendo uma posição mais vertical e facilitar a monitoração do exercício.

Porém, apesar de suas vantagens, o meio líquido possui propriedades físicas de magnitudes bastante diferentes das do ar e estas modificações repercutem em respostas fisiológicas diferentes entre os dois ambientes. As principais propriedades físicas relacionadas com as modificações fisiológicas são a termocondutividade, ou, mais precisamente, a maior capacidade de transferência de calor no meio aquático, a pressão hidrostática que provavelmente é responsável por modificações nas respostas cardiovasculares em situação de repouso e em exercício^(12,13) e a força de empuxo, que age contra a força da gravidade e auxilia na flutuação do atleta.

Existem diferenças significativas nas respostas fisiológicas e biomecânicas entre a CPF e a corrida em terra. Essas diferenças fazem com que a forma de controle do treinamento no ambiente aquático seja diferenciado ao comumente utilizado no treinamento em terra. E, embora incipiente a produção científica acerca dos efeitos do treinamento da CPF ao longo prazo, algumas possibilidades e limitações podem ser delineadas de forma a auxiliar o técnico no desenvolvimento de sua periodização do treinamento.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS MÁXIMAS

Frequência cardíaca (FC) e consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$)

Muitos estudos têm comparado as respostas fisiológicas de FC máxima e $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ entre CPF e corrida em esteira rolante (CER)^(3,14-20), com um relativo consenso em seus resultados. São bem docu-

mentados os picos de FC e consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) mais baixos durante a CPF quando comparados com a CER em esforços máximos^(3,15-18,21). Uma hipótese afirma que a FC máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) apresenta valores menores na CPF, através de estimulação menor do sistema simpático, mais especificamente menores concentrações de adrenalina foram observadas no exercício aquático⁽²²⁾. Além disso, a menor atividade simpática tem como origem, entre outros fatores, a pressão hidrostática e a ativação barorreflexa que determina uma facilitação do retorno venoso, e o fator termodinâmico, determinando uma facilitação da troca de calor do organismo com o meio externo devido à maior densidade da água. Em relação ao $\dot{V}O_2$ máximo ($\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$), parecem existir três fatores que explicam a diminuição desta variável, da corrida em terra para a CPF: 1) Devido à água possuir uma densidade, aproximadamente, 800 vezes maior do que o ar⁽²³⁾, um maior percentual de metabolismo anaeróbico deve ser usado durante a CPF quando comparada com a corrida terrestre; respostas mais altas de concentração de lactato sanguíneo máximo na CPF confirmam esta hipótese⁽²⁾. 2) Outro fator importante para explicar o decréscimo do $\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$ se relaciona com a técnica ou especificidade do exercício, pois, apesar de a CPF tentar imitar o movimento de corrida em terra, o corredor deve ajustar esta técnica aos efeitos da flutuação em oposição à força gravitacional; portanto, na maioria dos estudos comparativos, os indivíduos eram corredores terrestres com pouca ou nenhuma prática de CPF; portanto os valores mais baixos de $\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$ podem ser advindos também da falta de adaptação à técnica e tipo de contração realizada, pelos membros inferiores e superiores na CPF^(2,3,15,18,24). 3) Tem sido sugerido, também, que a menor pressão de perfusão nas pernas, com uma resultante diminuição do fluxo sanguíneo muscular, possa influenciar na diminuição do $\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$ durante a CPF em relação à corrida em terra⁽¹⁵⁾.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS SUBMÁXIMAS

Apesar de estar claro que as respostas máximas de $\dot{V}O_2$ e FC são mais baixas durante a CPF do que durante a corrida em terra, Mercer e Jensen⁽²¹⁾ verificaram que não existem diferenças na FC entre a CPF e corrida em esteira rolante, quando analisadas em intensidades submáximas, mais especificamente em taxas de 20, 30 e 40 mililitros (ml) por quilograma (kg) por minuto (min). Além disso, a relação FC- $\dot{V}O_2$ foi semelhante durante o exercício submáximo na CPF e corrida em esteira rolante. A semelhança entre a relação de FC- $\dot{V}O_2$ durante CPF e corrida em esteira rolante pode ser uma evidência de que os estilos de corrida são semelhantes⁽²¹⁾. Entretanto, estudos comparando a mecânica da corrida em terra contra a mecânica da CPF demonstram que, quantitativamente, os dois exercícios são diferentes^(10,11,25).

Segundo Beaver e Wasserman⁽²⁵⁾, o aumento da concentração de lactato sanguíneo é acompanhado por uma diminuição na concentração de bicarbonato ($[HCO_3^-]$), devido ao tamponamento de bicarbonato de ácido láctico. O $[HCO_3^-]$ em menor concentração também é influenciado pelo excesso de produção de dióxido de carbono. Portanto, o excesso de produção de dióxido de carbono pode providenciar uma medida indireta da diminuição do $[HCO_3^-]$; dessa forma, a medida de dióxido de carbono em relação à utilização de oxigênio (O_2) pode ser uma estimativa útil de acúmulo de lactato. Desse modo, o quociente respiratório é bastante utilizado para avaliar a quantidade de energia utilizada pelo corpo e o substrato que está sendo mais oxidado. Os conteúdos de carbono e de O_2 da glicose, dos ácidos graxos livres e dos aminoácidos diferem acentuadamente. Como resultado, a quantidade de oxigênio utilizada durante o metabolismo depende do tipo de substrato que estiver sendo oxidado. Assim, um quociente respiratório maior do que 0,85 indica uma predominância de utilização de carboidratos e, abaixo de 0,85, uma predominância de gorduras.

O quociente respiratório no meio líquido é similar ao encontrado em terra, tanto em níveis submáximos quanto no esforço má-

ximo^(4,15,16,20,22). Glass *et al.*⁽²⁾ também encontraram esse comportamento independente do gênero. A partir desses resultados pode-se afirmar que o percentual de utilização de carboidratos e gorduras é semelhante entre os exercícios em ambiente aquático e terrestre.

Um aspecto interessante com relação ao lactato e exercícios no meio aquático se refere à questão da remoção do lactato. No meio esportivo, durante algum tempo acreditou-se que a atividade física em ambiente aquático poderia ser responsável por um aumento na velocidade de remoção do lactato depois de esforços extenuantes quando comparado com o exercício terrestre. Barros *et al.*⁽²⁶⁾ analisaram a remoção de lactato após a realização de partidas de futebol de campo utilizando três tipos de recuperação: passiva, alongamento associado a trote e hidroginástica. A recuperação através da hidroginástica determinou uma menor concentração de lactato ($1,63\text{mmol.L}^{-1}$) do que a recuperação com alongamento associado a trote ($2,91\text{mmol.L}^{-1}$) e a passiva ($2,77\text{mmol.L}^{-1}$). Dessa forma, os autores concluíram que a hidroginástica era mais eficiente na remoção de lactato do que as outras formas de recuperação. Porém, o mecanismo para esse comportamento não foi estabelecido e, nesse estudo, não foi mencionado um controle objetivo da intensidade de esforço utilizada nas recuperações ativas. Nesse sentido, Villar e Denadai⁽²⁷⁾ encontraram uma maior velocidade de remoção de lactato por meio da corrida em terra e em piscina funda, ambas em intensidade de limiar aeróbico, quando comparadas com a recuperação passiva; porém, ao comparar o meio no qual foi desenvolvida a recuperação ativa, não foram observadas diferenças significativas na velocidade de remoção. Portanto, segundo esses autores, não existem vantagens metabólicas em realizar exercícios de CPF para a remoção de lactato.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS CRÔNICAS

Além das comparações das respostas máximas e submáximas fisiológicas entre a CPF e corrida em terra, estudos experimentais, com programas de treinamento variando entre quatro e 10 semanas, também foram realizados para testar diversas valências fisiológicas. Segundo Hertler *et al.*⁽²⁸⁾, é possível manter o $\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$ e a força isotônica concêntrica e excêntrica de extensores e flexores de joelho e dorsoflexores e flexores plantares do tornozelo, dentro de um programa de CPF, num período de quatro semanas para corredores. Hamer e Morton⁽¹⁴⁾ encontraram respostas semelhantes às dos autores citados anteriormente, em que foi possível observar a manutenção de potência aeróbica, potência anaeróbica, trabalho e potência muscular em corredores recreacionais ($\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x} = 49,32 \pm 5,42\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Além de manter as valências fisiológicas, a CPF também foi capaz de melhorar o condicionamento aeróbico ($\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$ em esteira rolante) de pessoas inicialmente sedentárias, tanto quanto a corrida em terra⁽²⁹⁾.

Wilber *et al.*⁽⁶⁾ também realizaram um trabalho experimental, com corredores de meia e longa distância, num período de seis semanas, com um grupo treinando corrida em terra e outro grupo treinando a CPF. As sessões consistiam de 30min a 90-100% $\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$ ou 60min a 70-75% $\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$, cinco dias por semana. No final desse período avaliaram-se a economia de corrida, $\dot{V}O_{2\ m\acute{a}x}$ e limiar anaeróbico entre os dois grupos, e nessas variáveis não foram encontradas diferenças significativas entre o treinamento de corrida em terra e o treinamento de CPF. Esses dados sugerem que a CPF pode servir como uma efetiva alternativa de treino para corredores em terra para a manutenção do desempenho.

Porém, além de manter as valências fisiológicas, para alguns autores^(30,31) o exercício dentro d'água pode desenvolver força muscular, principalmente nos músculos extensores do quadril. No estudo de Pöyhönen *et al.*⁽³⁰⁾ foram investigados os efeitos de um treinamento de força progressivo de 10 semanas e foram encontrados aumentos na produção de torque muscular, na ativação

muscular e na área de secção transversa dos músculos extensores e flexores do joelho. Não obstante, as diferenças na função e coordenação muscular aliadas à modificação de amplitude angular entre, a CPF e corrida em terra^(10,11) trazem consigo um argumento para confirmar as hipóteses levantadas por Ritchie e Hopkins⁽³²⁾ em relação à falta de especificidade da CPF.

A literatura reserva atenção também às respostas crônicas do lactato durante testes de esforço em indivíduos submetidos a programas de exercício no meio aquático, a fim de avaliar as possibilidades de manutenção ou melhora do rendimento de corredores em terra. Durante um teste máximo de $\dot{V}O_2$, o aumento de lactato sanguíneo é dependente do número de fibras musculares recrutadas, bem como da intensidade do exercício. Indivíduos bem treinados são hábeis em produzir e tolerar níveis relativamente altos de lactato sanguíneo durante exercício intenso. Desse modo, a capacidade de tolerar altas taxas de acidose láctica demonstra que o atleta pode exercitar-se por mais tempo e numa intensidade mais alta antes da exaustão. Níveis máximos de lactato não foram alterados com o treinamento de CPF por seis semanas em relação ao grupo controle correndo em terra no mesmo período. O fato de que os níveis de lactato e tempo de corrida não foram alterados pressupõe a possibilidade de manutenção da tolerância ao lactato com a CPF para corredores em terra⁽⁶⁾. Bushman *et al.*⁽⁷⁾ também afirmam que os níveis de lactato sanguíneo não são alterados com o treinamento de CPF. Além disso, os mesmos autores avaliaram a velocidade de corrida no momento de limiar de lactato, não sendo relatadas diferenças entre o grupo experimental (treinando em piscina funda) e o grupo controle (treinando em terra), em um estudo de quatro semanas. Portanto, com o treinamento de CPF é possível manter as respostas de lactato em níveis máximos em corredores treinados, por até seis semanas^(6,7). Os questionamentos sobre essas respostas crônicas são quanto à possibilidade de manter as valências fisiológicas por mais de seis semanas de treinamento dentro d'água e se a técnica não é alterada com esse treinamento.

McConnel *et al.*⁽³³⁾ encontraram uma manutenção do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ após quatro semanas de treinamento com volume de treinamento reduzido (44%), frequência de treinamento reduzida (50%) e intensidade de treinamento (menor do que 70% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) em corredores de rendimento de distância. O desempenho desses atletas igualmente não foi modificado. As reduções de volume, frequência e intensidade do treinamento parecem não haver sido suficientes para ocasionar diminuição na capacidade aeróbia e desempenho; contudo, essa manutenção pode ser devida ao limitado tempo de treinamento (quatro semanas). Houmard *et al.*⁽³⁴⁾ não encontraram diferença estatisticamente significativa na economia de corrida durante um programa de treinamento de 10 semanas com diminuição no volume de treinamento. Confirmando os resultados de McConnel *et al.*⁽³³⁾ e Hickson e Rosenkoetter⁽³⁵⁾, do mesmo modo, encontraram uma manutenção do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ durante um treinamento de 15 semanas; entretanto, estes reduziram apenas a frequência de treinamento (de 6 dias.semana⁻¹ para 2-4 dias.semana⁻¹). No estudo de Peyré-Tartaruga⁽⁹⁾, diminuiu-se o volume de treinamento (30%) em terra e estes 30% foram transferidos para a CPF, onde foi possível manter as três variáveis fisiológicas mais explicativas do rendimento ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$, economia de corrida e limiar ventilatório). Dessa forma, a CPF respondeu a um dos grandes objetivos da utilização de um treinamento complementar (*cross-training*) para atletas de rendimento, que é manter ou auxiliar nas adaptações centrais, principalmente cardiovasculares do treinamento.

O comportamento biomecânico também não foi alterado no trabalho de Peyré-Tartaruga⁽⁹⁾, antes e após as oito semanas de treinamento entre o grupo que treinou apenas em terra e o grupo que treinou 30% com CPF e 70% em terra. Como posto anteriormente, o problema da falta de especificidade hipotetizada pela literatu-

ra^(3,32) e testada por alguns autores^(9,10,24) não foi capaz de modificar o padrão biomecânico da corrida.

Além disso, vários estudos epidemiológicos estimam que, entre corredores competitivos, de 24% a 65% destes apresentam lesões devido ao uso excessivo durante o período de um ano⁽³⁶⁾. Não são totalmente esclarecidas as causas; entretanto, sabe-se que a etiologia dessas lesões é multifatorial e diversificada⁽³⁷⁻³⁹⁾. Um dos fatores mais citados na literatura é o excessivo volume (distância) de corrida dentro do programa de treinamento de corredores de rendimento^(38,40-42). O mecanismo para a alta incidência de lesões devido ao excessivo volume de treinamento se dá em consequência da falha de algum componente do sistema ossotendão-músculo de se adaptar às cargas repetitivas desenvolvidas durante a corrida. Os corredores tocam o pé no solo aproximadamente 600 vezes por km⁽⁴²⁾ e, em cada passo, de 1,5 a 4 vezes o peso corporal é aplicado aos membros inferiores⁽⁴²⁻⁴⁴⁾. Essas cargas mecânicas possuem dois aspectos importantes: primeiro, a intensidade da carga, neste caso o estresse local durante um ciclo da passada, e segundo, o volume da carga, ou seja, o número de repetições dessas cargas, ou ainda a frequência de passada e o tempo de duração com essa frequência de estresses⁽⁴⁵⁾. As estruturas músculo-esqueléticas necessitam de estímulos de estresse ou deformação para seu desenvolvimento. Contudo, esse estímulo possui um parâmetro específico. Para os autores citados anteriormente, é uma tarefa difícil encontrar esse parâmetro. Porém, com as informações sobre lesão por esforço excessivo na corrida, relatadas na literatura, é possível afirmar que corredores de rendimento, nos dias atuais, ultrapassam o limite entre as cargas mecânicas que auxiliam na manutenção e desenvolvimento do sistema músculo-esquelético e as que deterioram o referido sistema. Duas estratégias de prevenção destas lesões podem ser tomadas. Uma, diminuindo a intensidade das cargas pela diminuição da velocidade de corrida⁽³⁹⁾ ou pela diminuição do volume de corrida do treinamento. Qualquer diminuição num desses parâmetros pode ocasionar uma diminuição no desempenho, principalmente a intensidade do treinamento⁽⁴⁶⁾. Portanto a diminuição do estresse mecânico sem a diminuição do estresse fisiológico oferecido pela CPF parece ser um caminho para a resolução desse questionamento.

Apesar de poucos dados empíricos, outros autores também defendem a utilização da CPF como um treinamento complementar (*cross-training*) para atletas de rendimento^(6,7,47). Com a presumível diminuição de incidência de lesões com a introdução da CPF, é possível esperar efeitos secundários devido à inibição dos aspectos desfavoráveis da lesão no atleta, como diminuição da carga de treinamento, aspectos psicológicos como ansiedade, medo e desmotivação⁽⁴⁸⁾. Evitando esses aspectos nocivos, torna-se possível a garantia do princípio da continuidade do treinamento esportivo. Esse princípio se refere à necessidade de melhora de desempenho ou manutenção dos níveis de desempenho atingidos através da continuidade do trabalho, sendo os fatores intervenientes as lesões, doenças ou fatores sociais^(49,50).

Outro fator que pode explicar as causas da manutenção do rendimento, apesar da falta de especificidade citada na literatura^(10,11,24), é a possibilidade de exercitar os segmentos inferiores com maiores cargas devido à maior densidade da água. A possibilidade de aumento de força dentro d'água já foi mencionada neste trabalho.

Ainda assim, a possibilidade de aumento de força pode ser uma hipótese para explicar a manutenção do rendimento, dessa forma, compensando a falta de especificidade. Para Paavolainen *et al.*⁽⁵¹⁾ e Millet *et al.*⁽⁵²⁾, é possível melhorar a economia de corrida através de um treinamento de resistência aeróbia em conjunto com um treinamento de força. Essas melhoras podem ser explicadas por vários fatores. Um deles seria pelo aumento da força e utilização maior de fibras de contração lenta durante uma passada de corrida devido à diminuição do pico de tensão relativo [de 35 a 50% da força pura⁽³⁵⁾] durante a passada da corrida. Outra explica-

ção para a relação entre treinamento de força e desempenho em provas de resistência é a regulação do ciclo encurtamento-alongamento com a diminuição das propriedades de armazenamento de energia elástica devido à fadiga, diminuindo assim a economia de corrida⁽⁵³⁾. Apesar dessas evidências, no estudo de Peyré-Tartaruga⁽⁹⁾ não foi avaliada a força muscular; portanto, estudos que avaliem a força muscular são necessários para confirmar essas hipóteses. Outro possível mecanismo que justifique a manutenção do desempenho, com a inclusão da CPF no treinamento de corredores de rendimento se refere ao fato de que, durante o exercício no meio aquático, as contrações musculares são predominantemente concêntricas⁽¹¹⁾, dessa forma, empregando mais os componentes contráteis do músculo do que em exercícios com ações excêntricas⁽⁵⁴⁾, por exemplo, a corrida em terra, e, por conseguinte, os atletas que incluem a CPF, possivelmente, fazem uso dos componentes contráteis com mais intensidade do que os atletas que treinam apenas em terra.

Portanto, com base nessa discussão com a literatura, é possível afirmar que a CPF pode ser um complemento de treinamento de até 30% do volume de treinamento semanal, pois, além de confirmar os indícios de manutenção das características fisiológicas preditivas de desempenho em corredores de meia e longa distância, foi possível demonstrar que a inclusão da CPF no treinamento de corredores de rendimento não acarreta prejuízos à técnica de corrida destes, seja em situação de esforço submáximo (economia de corrida), ou seja em situação de fadiga⁽⁹⁾. Esses dados apresentam uma informação útil ao técnico de corredores de meia e longa distância para o planejamento e periodização do treinamento de alto nível. Através da inclusão da CPF, novas perspectivas de otimização das cargas fisiológicas se tornam possíveis para corredores de rendimento, diminuindo a influência da inconveniente limitação no planejamento de treinamento, devido à possibilidade de ocorrência de lesões por uso excessivo.

CONTROLE DO TREINAMENTO NA CPF

O controle do treinamento na CPF pode ser realizado, principalmente, por três formas: FC, sensação subjetiva ao esforço e frequência de passada.

A FC é um tipo de indicador de intensidade de esforço até níveis próximos do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ⁽⁵⁵⁾. Através da FC é possível controlar o treinamento dentro d'água, porém alguns cuidados são importantes antes de se utilizar este método. Primeiramente, devemos levar em consideração as respostas mais baixas na FC na CPF do que no exercício terrestre. Portanto, qualquer determinação da intensidade advinda de uma medida direta (teste de esforço) ou indireta (fórmula ou teste de campo) realizadas fora d'água deve ser modificada a fim de evitar a superestimação da intensidade do treinamento. Contudo, a melhor forma de determinar a FC máxima é durante um teste de esforço específico de CPF. A FC é uma boa estratégia para controlar a intensidade de treinamento de um grupo de atletas.

REFERÊNCIAS

1. Wilder RP, Brennan DK. Physiological responses to deep water running in athletes. *Sports Med* 1993;16:374-80.
2. Glass B, Wilson D, Blessing D, Miller E. A physiological comparison of suspended deep water running to hard surface running. *J Strength Cond Res* 1995;9:17-21.
3. Frangolias DD, Rhodes EC. Metabolic responses and mechanisms during water immersion running and exercise. *Sports Med* 1996;22:38-53.
4. Dowzer CN, Reilly T, Cable NT. Effects of deep and shallow water running on spinal shrinkage. *Br J Sports Med* 1998;32:44-8.
5. Burns AS, Lauder TD. Deep water running: an effective non-weightbearing exercise for the maintenance of land-based running performance. *Mil Med* 2001;166:253-8.
6. Wilber RL, Moffatt RJ, Scott BE, Lee DT, Cucuzzo NA. Influence of water run training on the maintenance of aerobic performance. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1056-62.
7. Bushman BA, Flynn MG, Andres FF, Lambert CP, Taylor MS, Braun WA. Effect of 4 weeks of deep water run training on running performance. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:694-9.
8. Peyré-Tartaruga LA, Coertjens M, Black GL, Tartaruga MP, Oliveira AR, Krueel LFM. Influence of deep water run training supplement on the maintenance of aerobic performance and kinematics of middle-distance runners. In: Gianikellis K, editor. *Proceedings of XX International Symposium on Biomechanics in Sports*. Cáceres: University of Extremadura Press, 2002:92-5.

A escala de sensação subjetiva ao esforço é uma forma efetiva de controlar a carga de treinamento dentro d'água⁽⁵⁶⁾. Existem escalas de sensação subjetiva ao esforço, criadas especificamente para corredores durante a CPF. A mais conhecida é a escala de Wilder e Brennan⁽¹⁾, utilizada em diversos estudos^(7-10,24,47). Atletas correndo em cinco intensidades subjetivas de esforço alcançaram frequências cardíacas semelhantes às alcançadas na corrida em terra, levando em consideração a bradicardia normal nestas intensidades de esforço⁽⁸⁾. Cada nível de esforço é descrito por intensidades de corrida: o nível 1 corresponde a muito leve ou ritmo de trote; o nível 2 corresponde a leve ou ritmo de rodagem; o nível 3 corresponde a moderado ou ritmo de prova de 5/10km; o nível 4 corresponde a forte ou ritmo de tiro de 400/800m; e o nível 5 corresponde a muito forte ou ritmo de tiro de 100/200m.

A transferência da intensidade de esforço de sessão de corrida em terra para a CPF é realizada da seguinte forma: por exemplo, um tiro de 500m em terra, geralmente realizado para 2min, quando transferido para a CPF, ao invés de pedir para o atleta realizar 500m para 2min, é pedida uma intensidade "forte" de corrida durante um tempo de 2min. Desse modo, há uma mudança de foco de atenção do atleta, da distância para a sensação subjetiva de esforço a fim de realizar a tarefa. Na corrida em terra, o corredor se concentra para vencer uma dada distância (500m) em um determinado tempo; entretanto, na CPF o atleta deve se concentrar para realizar a tarefa em uma certa intensidade de esforço (forte) no tempo igual ao executado na corrida em terra⁽¹⁰⁾.

Outra forma de monitorar a intensidade de esforço na CPF é a frequência de passadas por apresentar uma boa correlação com FC^(15,57). Contudo, esse tipo de controle de esforço pode ser realizado apenas em situação de treinamento individual.

CONCLUSÃO

As limitações do conhecimento produzido em relação a esse tipo de treinamento para corredores de rendimento são diversas. O número reduzido de trabalhos na área das adaptações biomecânicas do treinamento de CPF, o tempo de treinamento utilizado nos estudos, não ultrapassando 10 semanas, que não possibilita generalizar os resultados dos estudos para mais do que 10 semanas. Além disso, as respostas de força e flexibilidade frente a um treinamento de CPF em atletas de rendimento também são questões que não possuem respostas conclusivas até o momento.

Apesar dessas questões não conclusivas, é possível afirmar que a CPF é benéfica para corredores de rendimento, não apenas como forma de reabilitação física, mas como um meio de treinamento preventivo de lesões por uso excessivo, favorecendo o princípio da continuidade do treinamento esportivo.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

9. Peyré-Tartaruga LA. Efeitos fisiológicos e biomecânicos do treinamento complementar de corrida em piscina funda no desempenho de corredores de rendimento. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
10. Peyré-Tartaruga LA, Larronda ACC, Tartaruga, MP, Krueel LFM. Importance of the lower limbs for the horizontal velocity on treadmill running and on deep water running. In: Muller R, Gerber H, Stacoff A, editors. Proceedings of The International Society of Biomechanics XVIII Congress. Sport Biomechanics I Section, 2001;p.109.
11. Nilsson J, Tveit P, Thorstensson A. Running on land and in water – A comparative biomechanical study. Proceedings of XVIII Congress of The International Society of Biomechanics. Orthopaedic Biomechanics & Rehabilitation I Section, 2001; p.241.
12. Arborelius M, Balldin UI, Lilja B, Lundgren CEG. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Med* 1972;43:590-8.
13. Blomqvist CG. Cardiovascular adaptation to weightlessness. *Med Sci Sports* 1983; 15:428-31.
14. Hamer PW, Morton AR. Water-running: training effects and specificity of aerobic-anaerobic and muscular parameters following an eight-week interval training programme. *Aust J Sci Med Sport* 1990;22:13-22.
15. Town GP, Bradley SS. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23:238-41.
16. Butts NK, Tucker M, Grening C. Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. *Am J Sports Med* 1991;19:612-4.
17. Butts NK, Tucker M, Smith R. Maximal responses to treadmill and deep water running in high school female cross country runners. *Res Q Exerc Sport* 1991;62: 236-9.
18. Svedenhag J, Seger J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:1155-60.
19. Frangolias DD, Rhodes EC. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1007-13.
20. Gehring MM, Keller BA, Brehm BA. Water running with and without a flotation vest in competitive and recreational runners. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29: 1374-8.
21. Mercer JA, Jensen RL. Heart rates at equivalent submaximal levels of $\dot{V}O_2$ do not differ between deep water running and treadmill running. *J Strength Cond Res* 1997;5:55-60.
22. Connelly TP, Sheldahl LM, Tristani FE, Levandoski SG, Kalkhoff RK, Hoffman MD, Kalbfleisch JH. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. *J Appl Physiol* 1990;69:651-6.
23. Di Prampero PE. The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med* 1986;7:55-72.
24. Larronda ACC, Peyré-Tartaruga LA, Petersen RDS. Efeitos das restrições do ambiente e da tarefa na coordenação intramembro durante a corrida em piscina funda. Anais do III Seminário de Comportamento Motor. CD-ROM: Seção de controle motor, 2002.
25. Beaver WL, Wasserman K. Muscle RQ and lactate accumulation from analysis of the \dot{V}_{CO_2} - $\dot{V}O_2$ relationship during exercise. *Clin J Sport Med* 1991;1:27-34.
26. Barros TL, Santana M, Santos AB. Efeito da hidrogenástica na remoção de ácido láctico pós-competição. Anais do Simpósio Internacional de Ciências do Esporte. São Paulo, 1994.
27. Villar R, Denadai BS. Efeitos da corrida em pista ou do deep water running na taxa de remoção do lactato sanguíneo durante a recuperação ativa após exercícios de alta intensidade. *Rev Motriz* 1998;4:25-30.
28. Hertler L, Provost-Craig M, Sestili D. Water running and the maintenance of maximum oxygen consumption and leg strength in runners [abstract]. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:S23.
29. Morrow MJ. Effects of ten weeks of deep water running or land based run training. Dissertation in Kinesiology – University of North Texas, 1995.
30. Pöyhönen T, Sipilä S, Keskinen K, Autala A, Savolainen J, Mälkä E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med Sci Sport Exerc* 2002;34:2103-9.
31. Nakazawa K, Yano H, Miyashita M. Ground reaction forces during walking in water. In: Miyashita M, Mutoh Y, Richardson AB, editors. *Med Sci Aquatic Sports* 1994;39:28-34.
32. Ritchie SE, Hopkins WG. The intensity of exercise in deep water. *Int J Sports Med* 1991;12:27-9.
33. McConnel GK, Costill DL, Widrick JJ, Hickey MS, Tanaka H, Gustin PB. Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not performance in distance runners. *Int J Sports Med* 1993;14:33-7.
34. Houmard J, Kirwan J, Flynn M, Mitchell J. Effects of reduced training on submaximal and maximal running responses. *Int J Sports Med* 1989;10:30-3.
35. Hickson RC, Rosenkoetter MA. Reduced training frequencies and maintenance of increased aerobic power. *Med Sci Sports Exerc* 1981;13:13-6.
36. Hoerberigs JH. Factors related to the incidence of running injuries. A review. *Sports Med* 1992;13:408-22.
37. Marti B, Vader JP, Minder CE, Abelin T. On the epidemiology of running injuries. *Am J Sports Med* 1988;16:285-94.
38. Van Mechelen W. Running injuries. A review of the epidemiological literature. *Sports Med* 1992;14:320-35.
39. Hreljac A, Marshall RN, Hume PA. Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1635-41.
40. Jacobs SJ, Berson BL. Injuries to runners: a study of entrants to a 10,000 meter race. *Am J Sports Med* 1986;14:151-5.
41. James SL, Jones DC. Biomechanics aspects of distance running injuries. In: Cavanagh PR, editor. *Biomechanics of distance running*. Champaign: Human Kinetics, 1990:249-69.
42. Cavanagh PR, LaFortune MA. Ground reaction forces in distance running. *J Biomech* 1980;13:397-406.
43. James SL, Bates BT, Osternig LR. Injuries to runners. *Am J Sports Med* 1978;6: 40-50.
44. Crossley K, Bennell KL, Wrigley T, Oakes BW. Ground reaction forces, bone characteristics, and tibial stress fracture in male runners. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31:1088-93.
45. Wenger HA, Bell GJ. The interactions of intensity, frequency and duration of exercise training in altering cardiorespiratory fitness. *Sports Med* 1986;3:346-56.
46. O'Bryan R. Indoor workouts. A terrific change of pace. *Triathlete* 1991;80:32-3.
47. Michaud TJ, Brennan DK, Wilder RP, Sherman NW. Aquarunning training and changes in cardiorespiratory fitness. *J Strength Cond Res* 1995;9:78-84.
48. Hogg JM, Hayden MA. Pain perceptions among competitive runners. *New Studies in Athletics* 1997;12:95-9.
49. Matveiev L. Fundamentos do treino desportivo. Lisboa: Horizonte, 1986.
50. Ozolin PV. Sistema contemporaneo de entrenamiento deportivo. La Havana: Científico-técnica, 1989.
51. Paavolainen L, Häkkinen K, Hämaläinen I, Nummela A, Rusko H. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 1999;86:1527-99.
52. Millet GP, Jaquen B, Borrani F, Candau R. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:1351-9.
53. Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech* 2000;33:1197-206.
54. Knuttgen HG. Human performance in high-intensity exercise with concentric and eccentric muscle contractions. *Int J Sports Med* 1986;Suppl:6-9.
55. Gilman MB. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Int J Sports Med* 1996;21:73-9.
56. Fujishima K, Shimizu T. Body temperature, oxygen uptake and heart rate during walking in water and on land at an exercise intensity based on RPE in elderly men. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2003;22:83-8.
57. Wilder RP, Brennan D, Schotte DE. A standard measure for exercise prescription for aqua running. *Am J Sports Med* 1993;21:45-8.